

# **Maatalousyhtymän energiaomavaraisuuden suunnittelu**

Eero Takala

Opinnäytetyö

Toukokuu 2017

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Takala, Eero	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2017
	Sivumäärä 29	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Maatalousyhtymän energiaomavaraisuuden suunnittelu</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), Energiatekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Marjukka Nuutinen, Sirpa Hukari		
Toimeksiantaja(t) MTY Takala, Antti Takala		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Maatalousyhtymä Takalalle energiaomavaraisuuden suunnitelma ja siihen soveltuvat energiantuotannon vaihtoehdot. Tutkimuksessa käsiteltiin puun kaasutusta, biokaasua ja aurinkovoimaa varten otettavina vaihtoehtoina.</p> <p>Omavaraisuuden kartoittamisella oli tarkoitus selvittää maatalousyhtymän kyky tuottaa käyttämänsä energia omilla raaka-aineilla.</p> <p>Tutkimus toteutettiin määrittämällä kohteen sähkön ja lämmön kokonaiskulutus vuoden ajalta saatavilla olleiden tietojen perusteella. Näiden perusteella laskettiin kunkin tuotantovaihtoehdon kohdalla tarvittava raaka-aineen vähimmäismäärä, jotta kyettäisiin tuottamaan vaadittava määrä energiaa. Saatuja tuloksia verrattiin saatavissa oleviin raaka-ainemääriin ja laskettiin energiaomavaraisuusaste. Lisäksi otettiin huomioon investoinnin määrä ja laskettiin nykyisen sähkön hinnan mukainen takaisinmaksuaika.</p> <p>Puuhakkeen kaasutuksella ja biokaasun tuotannolla päästäisiin haluttuihin lopputuloksiin, eli saavutettaisiin energiaomavaraisuus. Aurinkoenergia todettiin mahdolliseksi tukijärjestelmäksi. Taloudellisimmaksi vaihtoehdoksi muodostui puuhakkeen kaasutus.</p> <p>Toteutetun tutkimuksen perusteella Maatalousyhtymä Takalan on mahdollista investoida omaan energiantuotantolaitokseen, joka olisi myös taloudellisesti kannattava. Kannattavuutta arvioitiin maatalousyhtymän kyvylä tuottaa omat raaka-aineet energian tuotantoon sekä energiantuotantolaitoksen kapasiteetilla kattaa maatalousyhtymän vuotuinen energian tarve.</p> <p>Tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella maatalousyhtymä Takalan on tarkoitus valita sille tarkoituksenmukaisin energiantuotantovaihtoehto.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) energiantuotanto, maatalousyhtymä, puuhakkeen kaasutus, biokaasu, aurinkoenergia, omavaraisuus		
Muut tiedot		

Author(s) Takala, Eero	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2017
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 29	Permission for web publication: x
Title of publication <b>A Plan of energy self-sufficiency for agricultural collective</b>		
Degree programme Degree Programme in Energy		
Supervisor(s) Nuutinen Marjukka, Hukari Sirpa		
Assigned by MTY Takala, Antti Takala		
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to develop a plan of energy self-sufficiency for Takala agricultural collective using the waste material the farm generates. Alternatives for energy production examined in the study were wood gasification, biogas, and solar energy.</p> <p>The objective was to determine if the agricultural collective could produce the energy it uses by using resources either generated by the farm or collected from the farmlands.</p> <p>First, the consumption data of electricity and heat had to be determined for cycle of one year using data collected from available sources. Based on this data, the amount of fuel materials needed was calculated for each energy production option so that it could generate enough energy to cover collective's own use. By comparing these results to the available resources a self-sufficiency status could be calculated. Total investment was also considered and a repayment time determined using current electricity price.</p> <p>Energy self-sufficiency was achieved using wood gasification and biogas. Solar energy was stated as a possible support form of energy production. Most economical solution was to be wood gasification.</p> <p>Based on the results the agricultural collective Takala can invest in their own energy production facility which will be economically profitable. Profitability was determined as the collective's ability to produce its yearly energy consumption using resources that were either waste material or could be collected from the farm.</p> <p>Using the results gathered in the thesis, the agricultural collective Takala can make their decision about the most appropriate energy production facility for them.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) energy production, agricultural collective, wood gasification, biogas, solar energy, self-sufficiency		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Tarkasteltavat tuotantovaihtoehdot .....</b>	<b>4</b>
2.1	Hake .....	4
2.2	Biokaasu .....	6
2.3	Aurinkoenergia .....	6
<b>3</b>	<b>Nykytilanne .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Käytettävissä olevat raaka-aineet .....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Tutkimustulokset.....</b>	<b>14</b>
5.1	Omavaraisuus .....	14
5.2	Kannattavuuden vertailu .....	17
<b>6</b>	<b>Johtopäätökset.....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>19</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>21</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>24</b>

## Kuviot

Kuvio 1 Volter Indoor-puunkaasutusvoimala (Volter 2013). .....	5
Kuvio 2 Aurinkopaneelin toimintaperiaate (Electricaltechnology 2017). .....	7
Kuvio 3 Aurinkolämpökeräimen rakenne (ArcticSun LLC 2017). .....	8
Kuvio 4 Aurinkolämpöjärjestelmän toiminta (Motiva 2017a). .....	9
Kuvio 5 Layout-kuva maatalousyhtymästä (Autocad) .....	12

## Taulukot

Taulukko 1 Sähkönkulutus (Takala 2016.) .....	9
Taulukko 2 Lämmöntarve (Takala 2017.) .....	11
Taulukko 3 Raaka-aineiden metaanipitoisuus ja potentiaalinen kaasuntuotanto (Motiva 2013) .....	16
Taulukko 4 Tulokset .....	19

# 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää Hollolan Paimelassa sijaitsevan maatalousyhtymän mahdollisuuksia energiaomavaraisuuteen. Kohde on 400 vuotta karjatila, jossa on noin 60 lypsävää lehmää sekä saman verran nuorta karjaa. Tällä hetkellä tilalla käytetään energiantarpeeseen sähköä ja halkopuuta. Näillä katetaan tilan energiantarve esimerkiksi asuintilojen ja käyttöveden lämmityksessä sekä navetan toiminnassa. (Takala 2016.)

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella energiaomavarainen maatalousyhtymä, joka kykenisi tuottamaan tarvitsemansa sähkön ja lämmön omilla raaka-aineillaan. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda puitteet ja mahdollisuudet energiaomavaraisen maatalousyhtymän kehittämiseksi. Tässä opinnäytetyössä energiaomavaraisuudella tarkoitetaan maatalousyhtymän kykyä tuottaa koko energiantarpeensa täysin omavaraisesti eli käyttäen omaa voimalaitosta ja hyödyntäen pelkästään itse tuotettuja raaka-aineita.

Sähkö- ja lämpöenergian kulutus Suomen maataloudessa on erittäin suurta ja se onkin merkittävä kannattavuuteen vaikuttava kuluerä. Maatilojen kannattavuus parantuisi huomattavasti, mikäli energian käytön kuluja pystyttäisiin pienentämään tai joissain tapauksissa jopa kääntämään tilan energiatase tuottavaksi. (Posio 2014.)

Suomen maaseudulta löytyy paljon paljon potentiaalia energiantuotantoon, esimerkiksi suurista metsävaroista sekä biokaasusta, jota voidaan tuottaa muun muassa eläinten lannasta. Suomessa voidaan hyödyntää myös aurinkoenergiaa, johon maatilat voivat hyödyntää rakennusten kattojen runsasta käyttämätöntä pinta-alaa. (Posio 2014.)

Energiantuotannon vaihtoehtoina kyseiselle maatalousyhtymälle ovat puuhakkeen kaasutus, biokaasu ja aurinkoenergia. Opinnäytetyössä selvitetään kunkin energiamuodon vuotuinen raaka-aineen kokonaistarve sekä tilan mahdollisuus tuottaa kyseinen raaka-aine omavaraisesti. Omavaraisuuden mahdollistamiseksi on myös tärkeää selvittää, pystytäänkö energiamuodolla kattamaan koko tilan sähkön ja lämmön tarve. Opinnäytetyössä otetaan myös huomioon rakennuskustannukset,

mahdolliset investointituet sekä lasketaan investointien takaisinmaksuaika. Näiden kriteerien pohjalta vertaillaan energiamuotoja ja selvitetään maatalousyhtymälle taloudellisin, tuottavin ja korkeimman omavaraisuusasteen omaava energiantuotannon vaihtoehto.

Opinnäytetyö on tehty tiiviissä yhteistyössä maatalousyhtymän henkilöstön kanssa.

## **2 Tarkasteltavat tuotantovaihtoehdot**

### **2.1 Hake**

Koneellisesti murskattu puu on omasta metsästä hankittaessa edullinen ja ympäristöystävällinen biopolttoaine. Puuta poltettaessa on todettu, että metsä toimii hiilinieluna ja sitoo poltettaessa vapautuvan hiilidioksidin. Varsinkin jos metsää kaadettaessa istutetaan uusia taimia kaadettujen tilalle. Yleensä haketettava puuaines tulee hakkuu- tai harvennustähteistä eli rankoina tai oksaisina latvustoina. (Bioenergianeuvoja 2017a.)

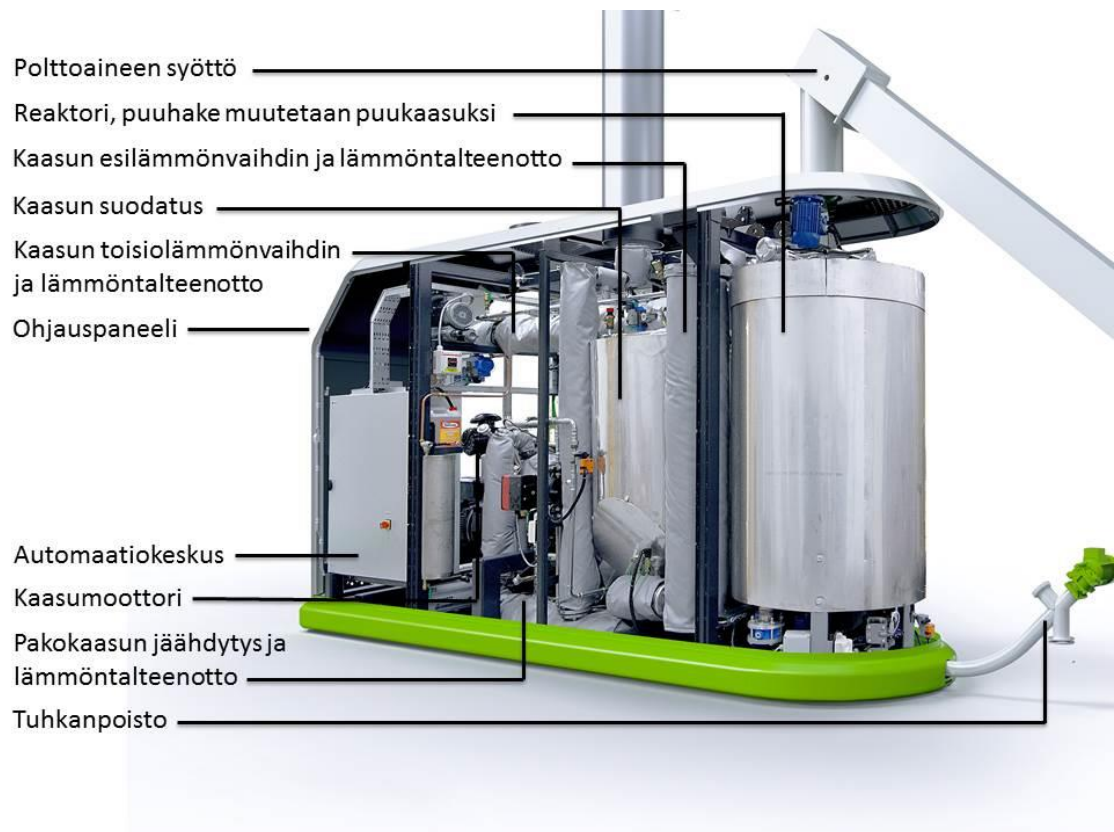
Pääpiirteiltään hakkeenpolttolaitokseen kuuluu yleensä hakevarasto, päiväsiilo, syöttöruuvi ja kattila. Maatalouskokoluokan laitteistossa käytetään yleensä arinapolttoa, jossa hake syötetään porrasmaiseen tulipesään. Paloprosessi etenee joko painovoiman avulla tai mekaanisesti liikkuvaa porrasmaista tasoa alaspäin, jolloin prosessista saadaan tasainen. Palamisilmaa syötetään porraskaskelmien alapuolelta suuttimista sekä yläpuolelta, jolla myös varmistetaan tasainen palaminen. Palamisessa syntyvä lämpöenergia kerätään talteen ja johdetaan lämminvesivaraajaan. Varaajasta lämmin vesi siirretään eristettyä putken pitkin käyttökohteisiin ja jäähtynyt vesi paluuputkea pitkin takaisin varaajalle. (Bioenergianeuvoja 2017a.)

#### **Hakkeen kaasutus**

Haketta voidaan hyödyntää myös kaasutuksessa. Tämä prosessi perustuu vähähappiseen palamisreaktioon, jossa polttoaine kaasuuntuu korkeassa lämpötilassa (jopa 1000°C) muodostaen puukaasua. Syntynyt tuote on epäpuhdasta ja vaatii suodatuk-

sen ennen kuin se on käyttökelpoista. Puhdistettu kaasu voidaan käyttää yhteensopivassa polttomoottorissa tai mikroturbiinissa, jolloin kyetään tuottamaan sähköä moottoriin tai turbiiniin kytketyllä generaattorilla ja lämpöenergiaa pakokaasuista sekä jäähdytysnesteestä. (Gasek 2016.)

Kyseinen tekniikka ei ole periaatteeltaan uusi, vaan pohjautuu häikäpönttöön. Nykyaajan mallit ovat toki kehittyneempiä ja mahdollistavat paremmat hyötysuhteet, mutta omaavat kuitenkin omat haasteensa. Esimerkiksi kaasutuksen seurauksena syntyy tervamaisia aineita, jotka hankaloittavat kaasun polttoa moottorissa. Tämä ongelma on nykymalleissa ratkaistu käyttämällä korkeaa palamislämpötilaa, noin 1000 celsiusastetta. Prosessi asettaa myös polttoaineella haasteita, sillä polttoaineen kosteuspitoisuus pitäisi olla mahdollisimman alhainen. Esimerkiksi kuvion 1 Volter Indoor -mallissa syötettävän hakkeen kosteus saa olla korkeintaan 18 prosenttia. (Gasek 2016.)



Kuvio 1 Volter Indoor-puunkaasutusvoimala (Volter 2013).



## 2.2 Biokaasu

Biokaasua eli metaania ( $\text{CH}_4$ ) syntyy mätänemisen seurauksena hapettomissa olosuhteissa bakteerien ja mikrobien hajottaessa eloperäistä ainetta, kuten eläinten lantaa ja rehujätteitä. Syntynyt biokaasu koostuu pääosin metaanista (noin 60%) ja hiilidioksidista (noin 35%), mutta sisältää myös muita ainesosia pienissä määrin, kuten typpeä ja vetyä. (Bioenergianeuvoja 2017b.)

Muodostumisprosessi voidaan jakaa neljään osaan: hydrolyysi, asidogeneesi, asetogeneesi ja metanogeneesi. Hydrolyysissä liukenevista aineksista muodostuu yksinkertaisia yhdisteitä kuten rasva- ja aminohappoja. Asidogeneesissä eli happokäymisessä näistä liuenneista aineista tulee propioni-, voi- ja etikkahappoa, jotka asetogeneesissä hajoavat edelleen etikkahapoksi ja hiilidioksidiksi. Lopputuote eli metaani syntyy metanogeneesissä, jossa etikkahappo, vety ja hiilidioksidi reagoivat keskenään. (Bioenergianeuvoja 2017b.)

Kaasuuntumisprosessi jaetaan myös lämpötilan mukaan kolmeen eri luokkaan, joita ovat psykro- meso- ja termofiili. Mikäli biokaasua muodostuu alle 25 celsiusasteessa, kutsutaan sitä psykrofiiliseksi. Tämä on kuitenkin hidastoiminen prosessi ja esiintyy eniten luonnossa soilla. Yleisimpiä biokaasun tuotannossa käytettyjä menetelmiä ovat mesofiilinen (32-42°C) ja termofiilinen (50-60°C). Nämä vaativat suomen ilmastossa lämmön ylläpitoa ja hyvin eristettyjä reaktoreita. (Bioenergianeuvoja 2017b.)

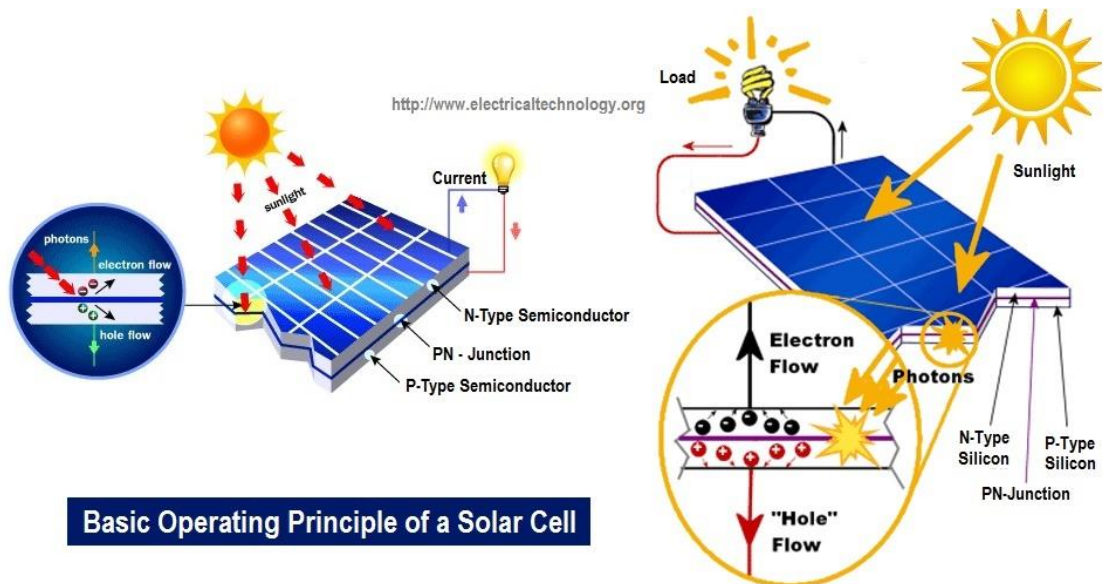
Tuotettu kaasu käytetään yleensä CHP-laitoksessa, jossa on kytketty biokaasulla toimiva polttomoottori pyörittämään generaattoria. Moottorin jäähdytysnesteestä sekä pakokaasuista saatava lämpöenergia hyödynnetään kohteen lämmityksessä. (Motiva 2013.)

## 2.3 Aurinkoenergia

Aurinkoenergialla tarkoitetaan auringon säteilemän energian hyödyntämistä joko sähkö- tai lämpöenergiana. Aurinkoenergia on uusiutuvaa energiaa. Aurinkoenergia on myös ympäristöystävällistä, sillä sen tuotannosta syntyy päästöjä ja jätettä ainoastaan laitteiden valmistuksen ja kierrätyksen yhteydessä. (Motiva 2017a.)

### **Aurinkosähkö**

Aurinkokennoilla, joilla tuotetaan sähköä auringonvalosta perustuvat valosähköilmiöön. Säteilyn sisältämät fotonit eli sähkömagneettiset hiukkaset saavat puolijohdetien elektronit liikkeelle aiheuttaen sähkövarauksen. Tämä sähkövaraus muodostuu kennon rakenteiden eli kahden erilaisen n- ja p-puolijohdekalvon välille, kuten kuviossa 2. Yleisin materiaali aurinkopaneeleissa on pii joko yksikiteisenä tai monikiteisenä. Nykyisillä paneeleilla voidaan hyödyntää noin 15-20 prosenttia paneeliin osuvasta auringonsäteilystä sähköntuotantoon. Etelä-Suomen leveysasteilla vuosittainen auringonsäteilyn teho on noin 1000 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Eli nykyisellä aurinkokennotekniikalla on mahdollista saada säteilystä sähköksi parhaimmillaan noin 200 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Aurinkopaneelissa syntyvä sähkövaraus on kuitenkin tasasähköä (12 – 24 voltia), joka ei sellaisenaan sovellu kotitalouksien sähköverkkoon niissä käytettävän vaihtosähkön (230 voltia) vuoksi. Tasasähkö täytyy muuntaa vielä invertterillä vaihtosähköksi, jotta sitä voidaan hyödyntää kohteessa tai syöttää valtakunnalliseen sähköverkkoon. Sähköä voidaan varastoida myös akkuihin tai muuttaa lämmöksi käyttämällä ylijäämäsähkö lämmönsäilövarustajan lämmitykseen sähkövastuksella. (Motiva 2017b.)

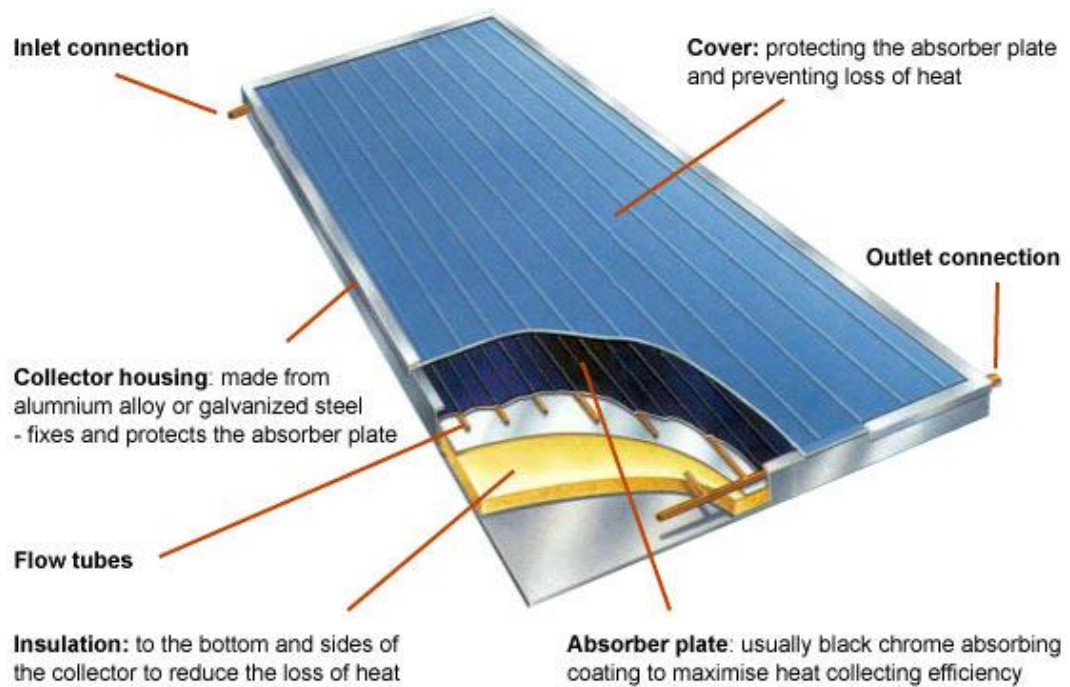


Kuvio 2 Aurinkopaneelin toimintaperiaate (Electricaltechnology 2017).

## Aurinkolämpö

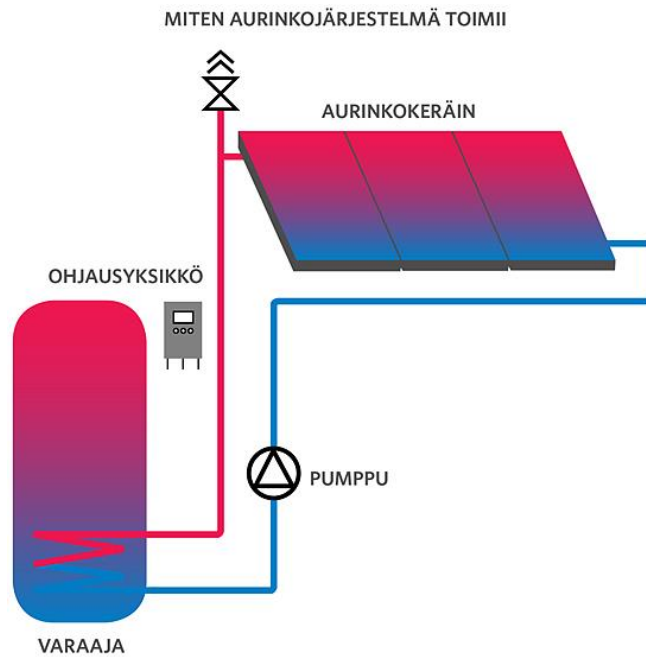
Auringosta tulevaa säteilyä voidaan sähkön tuotannon lisäksi hyödyntää myös lämpöenergiana. Tämä onnistuu aurinkokeräinten avulla, jotka perustuvat auringon sä-

teilyn sisältämän lämpöenergian talteen ottamiseen joko taso- tai tyhjiöputkikeräimillä vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Keräimien toimintaperiaate on hyvin yksinkertainen kuten kuviosta 3 nähdään. Säteily osuu keräimen erikoispinnoitteen (Absorber plate), joka absorboi lähes kaiken lämpösäteilyn (absorptio  $\alpha = 0,95$ ) ja siirtää sen järjestelmässä kiertävään lämmönsiirtonesteeseen (Flow tubes). Keräin on lisäksi hyvin eristetty, millä varmistetaan lämpöenergian siirtyminen keräysputkistoon. (Motiva 2017a.)



Kuvio 3 Aurinkolämpökeräimen rakenne (ArcticSun LLC 2017).

Neste kiertää lämminvesivaraajan kautta takaisin keräimille pumpun avulla lämmitäten varaajan vettä. Tuotettua lämpöä voidaan käyttää niin käyttöveden kuin tilojen lämmitykseen, mikäli kiinteistössä on vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. Kuviossa 4 yksinkertaistettuna aurinkolämpöjärjestelmän toimintaperiaate. (Motiva 2017a.)



Kuvio 4 Aurinkolämpöjärjestelmän toiminta (Motiva 2017a).

### 3 Nykytilanne

#### Energiankulutus

Tutkittavaan kohteeseen kuuluu kaksi navettarakennusta ja kolme asuinrakennusta, joiden yhteenlaskettu sähkönkulutus oli 115 247 kWh vuonna 2015 (Liite 1) ja 122 820 kWh vuonna 2016 (Liite 2). Näiden keskiarvo on 119 033,5 kWh. Kyseisten tarkailujaksojen kulutuserot voidaan selittää vuoden 2016 kylmemmällä aikajaksolla alkuvuodesta, jolloin sähkönkulutus on tilapäisesti noussut. Muuten kulutuskäyrät ovat hyvin samanlaisia. Rakennusten eriteltyjä sähkökulutuksia ei ole, koska rakennuksissa ei ole omia kulutusmittareita. Taulukkoon 1 on koottu sähkön vuosikulutukset ja niiden keskiarvo. (Lahti Energia 2016.)

Taulukko 1 Sähkönkulutus (Takala 2016.)

Vuosi	Sähkönkulutus (kWh)
2015	115247
2016	122820
Keskiarvo	119033,5

Lämmitysenergian kulutukset on laskettu käyttäen Motiva.fi-palvelusta (2017) saatavia laskureita. Asuinrakennuksia on kolme kappaletta, joiden pinta-alat ovat 180, 130 ja 50 neliömetriä (Takala 2017).

- 1) 180 m<sup>2</sup> tiilivuorattu talo (rakennusvuosi 1972), vesikiertoinen patteriverkko ja lämmitetään puulla. Arvioitu lämpöenergian tarve noin 35 000 kWh vuodessa.
- 2) 130 m<sup>2</sup> hirsitalo (valmistunut 2015), lattialämmitteinen ja energia tulee maalämmöstä. Arvioitu lämmitysenergian tarve noin 13 000 kWh vuodessa.
- 3) 50 m<sup>2</sup> hirsitalo (rakennusvuosi 1920), suorasähkölämmityksellä, mutta varustettu myös varaavalla tulisijalla. Lämmitysenergian tarve noin 9 500 kWh. (Takala 2017.)

Navettarakennusten lämmöntarve koostuu lähinnä maitohuoneen, toimistotilojen ja käyttöveden lämmityksestä, koska eläinten tilat pysyvät lämpimänä eläinten tuottamalla lämmöllä. Lämmitettävien tilojen pinta-ala on noin 50 m<sup>2</sup>, joka lämmitetään vesikiertoisella lattialämmityksellä. Sosiaalitilojen vuosittainen lämmöntarve on arviolta 4000 kWh. Lämpimän käyttöveden kulutukseksi toimeksiantaja arvioi noin 0,5 m<sup>3</sup> päivässä, eli vuodessa 0,5 m<sup>3</sup> \* 365d=182,5 m<sup>3</sup>. Vuodessa käyttöveden lämmitys vaatii energiaa 10 585 kWh seuraavan laskentakaaavan perusteella. (Motiva; Kesto; JAMK 2016.)

$$Q_{kv} = 58 \left( \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right) \times V_{kv} (\text{m}^3) \quad (1)$$

$Q_{kv}$  = Käyttöveden lämmitykseen kuluva energia (kWh)

$V_{kv}$  = Kulutettu lämpimän käyttöveden määrä vuodessa (m<sup>3</sup>)

58 = Veden lämmittämiseen tarvittava energiamäärä vesikuutiota kohden, kun lämpötilan muutos on 50 °C. (kWh/m<sup>3</sup>)

$$Q_{kv} = 58 \text{ kWh/m}^3 \times 182,5 \text{ m}^3 = 10585 \text{ kWh}$$

Koko maatalousyhtymän yhteenlaskettu lämpöenergian tarve vuositasona on näin ollen 72 085 kWh, kuten taulukosta 2 nähdään. Tähän on tulevaisuudessa mahdolli-

sesti tulossa viljakuivurin ja konehallien lämmitykset, jolloin lämmöntarve nousee huomattavasti (Takala 2017). Nykyisin konehallit eivät ole lämmitettyjä ja viljakuivuri vasta rakenteilla, joten niitä ei oteta laskuissa huomioon. Mutta konehalleihin on mahdollista rakentaa lämmitysjärjestelmä esimerkiksi heinäkuivausta varten. Tällöin olisi mahdollista käyttää energiantuotannossa mahdollisesti syntyvä ylijäämälämpö hyödyksi. Viljakuivuriin tulee öljykattila, mutta tässäkin tapauksessa voitaisiin ylijäämälämpö johtaa kuivurille ja vähentää öljyn kulutusta esilämmittämällä kuivausilmaa.

Taulukko 2 Lämmöntarve (Takala 2017.)

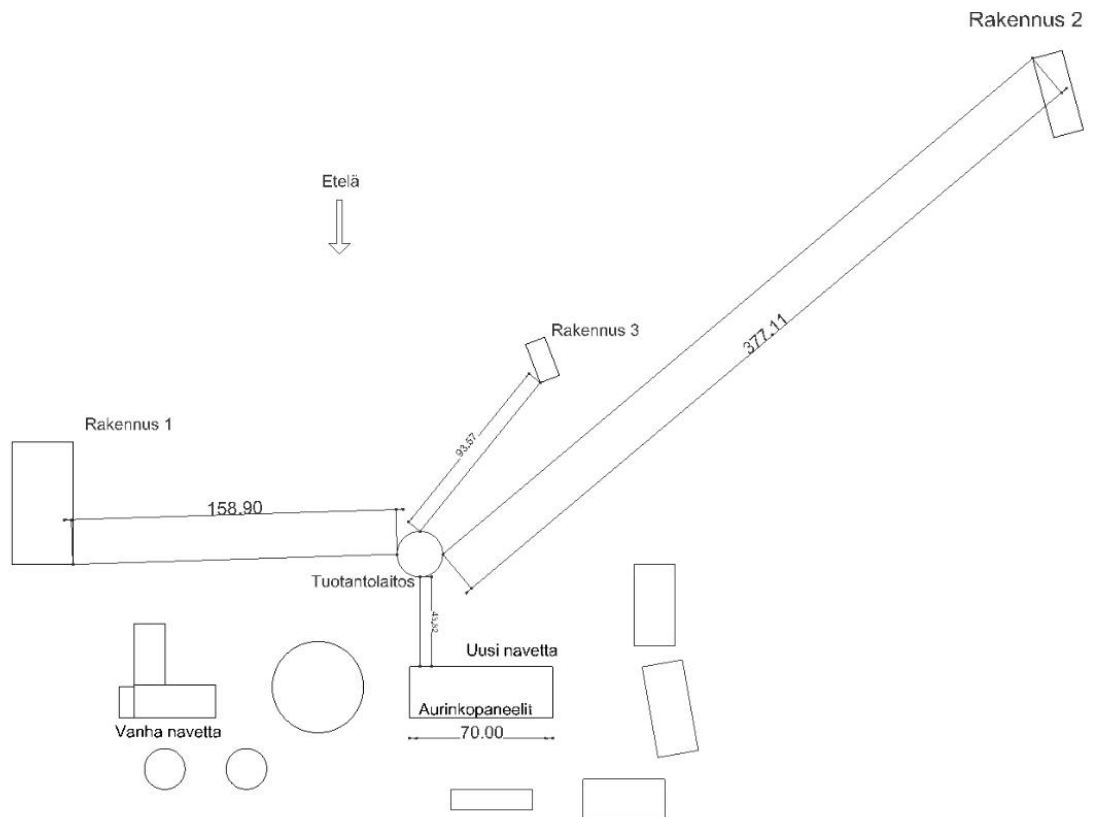
Rakennukset	Lämmöntarve kWh
Asuinrakennus, 180 m <sup>2</sup>	35000
Asuinrakennus, 130 m <sup>2</sup>	13000
Asuinrakennus, 50 m <sup>2</sup>	9500
Sosiaalitilat, 50 m <sup>2</sup>	4000
Käyttövesi	10585
<b>Yhteensä</b>	<b>72085</b>

## 4 Käytettävissä olevat raaka-aineet

Puun kaasutukseen tarvittavaa energiapuuta kerätään maatalousyhtymän omista metsistä vuodessa noin 300 irto-m<sup>3</sup> rankoina, joista saadaan haketta noin kaksinkertainen määrä eli 600 irto-m<sup>3</sup>. Lypsykarjan lietettä kertyy vuodessa keskimäärin 2600 m<sup>3</sup>, lisäksi noin 200 tonnia kuivalantaa ja rehujätteitä, joita voidaan hyödyntää liäsäyötteenä biokaasuprosessissa. (Takala 2016.)

Aurinkosähköä varten kohteen rakennukset ovat ihanteellisesti sijoitettu, eli etelän suuntaan on runsaasti kattopinta-alaa. Vanhan navetan hyödynnettävä kattoala on noin 6m \* 20m, eli 180 m<sup>2</sup>. Uuden pihattonavetan eteläpuoleinen kattoala on 9,4m

\* 70m, eli 658 m<sup>2</sup>. Tässä työssä hyödynnetään uuden navetan kattoa, koska se on suurempi ja sijainnillisesti parempi. Kuviossa 5 on hahmoteltu rakennusten sijainnit ja lämmitysverkostolle tarvittavat putkiston pituudet.



Kuvio 5 Layout-kuva maatalousyhtymästä (Autocad)

### Kustannusarviot eri vaihtoehtoista

Tilalle tarvitaan lämpöverkko, jotta energiantuotannossa syntyvä lämpöenergia voidaan jakaa käyttökohteisiin. Lämpöverkon kokonaispituus olisi noin 680 metriä, jos otetaan vain huomioon tässä työssä mainitut asuinrakennukset ja navetan sosiaaliset tilat. Kuviossa 5 on havainnollistettu tuotantolaitoksen sijainti (ympyrä), asuinrakennuksille ja navetalle menevät lämpöputkistot.

Oletetaan, että käyttötarkoitukseen sopiva esimerkiksi Calpex Quadriga 2 x 32 / 32 + 22 / 142 mm PN6 / 10 -aluelämpöputki, maksaa 60 €/m ja kaivuutyö tehdään omakustanteisesti. Saadaan lämpöverkon putkiston hinnaksi 60 €/m \* 680 m = 40 800 euroa. Lisäksi tarvitaan kuitenkin pumppuja, lämmönvaihtimia ja lämmönvaraajia,

jotka nostavat investoinnin hintaa. Kokonaisinvestoinnin hinnan voidaankin olettaa nousevan 50 000 euroon. (Suomen maalämpötukku 2017.)

Mainittuihin energiantuotantolaitoksiin on mahdollista hakea investointitukea Elinkeino-, Liikenne- ja Ympäristökeskukselta. Tukea myönnetään maatalan energiantuotannon rakentamisinvestointiin niiltä osin, kun tuotettua energiaa hyödynnetään maatalouden toiminnassa. Ehtona on myös, että energiantuotannossa hyödynnetään uusiutuvia materiaaleja. Tuen määrä voi olla korkeintaan 40 prosenttia hyväksyttävistä kustannuksista (Liite 4). (Maaseutuvirasto 2017.)

Puunkaasutuksessa käytetään esimerkklaitoksena Volter Oy:n Indoor-mallia (40kW<sub>sähkö</sub>, 100kW<sub>lämmivesi</sub>, 20 kW<sub>lämmi ilma</sub>). Tälle arvioitu investointikustannus on noin 160 000 euroa, sisältäen laitteiston ja asennuksen. Tähän yhteyteen tarvitaan myös hakekuivuri, jotta hakkeen kosteuspitoisuus saadaan prosessin vaatimaan pitoisuuteen ( $\leq 18\%$ ). Riippuen kuivurin kokoluokasta ja tyypistä vaihtelevat arvioidut kustannukset 10 000 ja 30 000 euron välillä. Kokonaiskustannus puunkaasutus vaihtoehdolle olisi korkeintaan 190 000 euroa. (Volter Oy 2016.)

Täydellä investointituella (40 %) vaihtoehdolle tulisi takaisinmaksuajaksi 12 vuotta ja 4 kuukautta, jos oletetaan, että sähkön hinta pysyy samana. Sähkön vuosikustannus nykyisellä sopimuksella on 9279,2 euroa vuodessa. (Takala 2016.)

Biokaasulaitosten arvioidut kustannukset ovat 250 000 – 350 000 euroa. Tämä johtuu laitoksen toimintaperiaatteesta, joka vaatii paljon rakennustilaa ja isoja säiliöitä, kuten reaktorit. Olemassa olevia lietesäiliöitä voidaan käyttää, mutta se vaatii niiden kunnostusta ja muuttamista käyttötarkoitukseen soveltuvaksi. Mutta laskelmissa oletetaan, että kaikki laitoksiin liittyvä rakentaminen on uutta eikä vanhoja rakennuksia hyödynnetä. Tarkkoja kokonaiskustannuksia on hankala arvioida tarkasti, koska jokainen laitos suunnitellaan tilakohtaisesti. (Metener Oy; Demeca Oy 2016.)

Biokaasulaitoksen takaisinmaksuaika on väliltä 16 vuotta ja 2 kuukautta – 22 vuotta ja 6 kuukautta, riippuen investoinnin lopullisesta summasta ja sähkön markkinahinnan muutoksista.

Aurinkopaneelien hinta on laskettu 20 kWp kokoiselle järjestelmälle 1,6 e/kWp kustannuksella. Paneeleja tulisi 80 kappaletta, jotka suunnataan etelään 35 asteen kul-



massa. Yhden paneelin pinta-ala on  $1,2 \text{ m}^2$ , jolloin kokonaispinta-alaksi tulisi  $1,2 \text{ m}^2 * 80 = 96 \text{ m}^2$ . Rakennuksen käytettävää kattopinta-alaa on  $658 \text{ m}^2$ , joten pinta-alaa ja vielä runsaasti käyttämättä. Tällöin kokonaiskustannus asennettuna olisi 32 000 euroa. Näillä arvoilla liitteen 1 laskelman mukaan tuotettaisiin vuositasolla noin 17 000 kWh sähköä ja takaisinmaksuajaksi tulisi 14 vuotta ja 4 kuukautta. (FinSolar 2017.)

## 5 Tutkimustulokset

### 5.1 Omavaraisuus

#### Puunkaasutus

Esimerkkilaskelmissa on käytetty Volter Indoor-mallin kulutustietoja, jotka ovat 40 kW sähköä ja 120 kW lämpöä täydellä teholla. Laitos kuluttaa täydellä teholla käydessään vuorokaudessa (24 tuntia)  $4,5 \text{ irto-m}^3$  puuhaketta. (Volter 2016.)

Laitos kuluttaa  $4,5 \text{ irtokuutiota}$  haketta vuorokaudessa käydessään täydellä teholla (40 kW sähköä), joten  $24 \text{ h} * 40 \text{ kW} = 960 \text{ kWh}$ . Oletetaan polttoaineen olevan tasalaatuista, niin saadaan hakkeen kulutukseksi,

$$4,5 \text{ irto-m}^3 / 960 \text{ kWh} = 0,0046875 \text{ irto-m}^3/\text{kWh}.$$

Lahti Energian Online-kulutuksenseurantapalvelusta (2017) saatujen kulutustietojen perusteella saadaan vuositasolla hakkeen kokonaistarpeeksi 119033,5 kWh \*  $0,0046875 \text{ irto-m}^3/\text{kWh} = 557,97 \text{ irto-m}^3 \approx 558 \text{ irto-m}^3$ .

Käyttäen saatua tulosta  $558 \text{ m}^3$  ja aiemmin mainittua hakkeen vuosittaista saatavuutta  $600 \text{ m}^3$  saadaan pelkän puunkaasutuksen omavaraisuusasteeksi sähkön osalta 1,0752 eli 107,5 prosenttia. Omalla hakkeella voidaan kattaa tilan koko sähkönkulutus vuodessa. Prosessissa syntyvä lämmön määrä on 345 741 kWh, josta 1/6 on lämmintä ilmaa ja loput vettä. Tällä määrällä katettaisiin moninkertaisesti nykyinen arvioitu lämmöntarve (n. 72 000 kWh), jolloin lämpöenergiaa jäisi ylijäämänä hyödynnettäväksi hakkeen kuivaukseen ja hallitilojen lämmitykseen.

## Biokaasu

Maatalousyhtymän tuottaman lietteen määrä vuodessa on  $2600 \text{ m}^3$  (Takala 2017).

Lietekuutiometri tuottaa  $14 \text{ m}^3$  metaania. Joten,

$$14 \text{ m}^3 * 2600 \text{ m}^3 = 35\,000 \text{ kuutiometriä metaania}$$

Yksi kuutiometri metaania vastaa energiasisällöltään yhtä litraa polttoöljyä, eli 10 kWh (Motiva 2013). Näin ollen biokaasun sisältämän metaanin kokonaisenergiämääräksi saadaan

$$10 \text{ kWh} * 35\,000 \text{ m}^3 = 350\,000 \text{ kWh}$$

Tästä voidaan kaasumoottoria ja generaattoria (olettaen hyötysuhteen olevan 0,3) hyödyntäen saada sähköksi,

$$350 \text{ MWh} * 0,3 = 105 \text{ MWh},$$

joka kattaisi keskimääräisestä kokonaisvuosikulutuksesta

$$105\,000 / 119\,033,5 = 0,882, \text{ eli } 88,2 \, \%.$$

Tässä yhteydessä tuotettua lämpöä kyetään hyödyntämään 55 %, eli 192,5 MWh.

Loppu energia menee lämpöenergiana pakokaasuihin. Mutta koska biokaasuprosessi vaatii ylläpitoon paljon lämpöenergiaa, voidaan laskea, että tuotetusta lämmöstä 40 % menee reaktorin lämmitykseen, jolloin hyötykäyttöön jää 115,5 MWh. Tällä katettaisiin maatalousyhtymän lämmöntarve täysin ja ylijäämälämpöä jäisi 43,5 MWh vuodessa konehallien lämmitykseen.

Mikäli hyödynnetään ylijäämärehu lisäsyötteenä biokaasuntuotannossa, saataisiin 200 tonnilla lisäsyötettä kasvatettua biokaasuntuotantoa taulukon 3 peltobiomassan kohdalta lasketun keskiarvon mukaan,

$$150 \text{ m}^3 * 200 \text{ tonnia} = 30\,000 \text{ m}^3$$

josta metaanin osuus on,

$$0,55 * 30\,000 \text{ m}^3 = 16\,500 \text{ m}^3$$

Ja tälle kokonaisenergian määrä on,

$$10 \text{ kWh} * 16\,500 \text{ m}^3 = 165\,000 \text{ kWh}$$

Mahdollinen kokonaisenergianmäärä olisi tällöin 515 000 kWh. Aiemmin mainitulla energiantuotanto hyötysuhteella saadaan sähköntuotannoksi,

$$515\,000 \text{ kWh} * 0,3 = 154,5 \text{ MWh}$$

Tällä katettaisiin keskimääräisestä sähkön vuosikulutuksesta

$$154\,500 / 119\,033,5 = 1,297 \text{ eli noin } 130\%.$$

Lämmön määrä olisi,

$$515\,000 \text{ kWh} * 0,55 * 0,6 = 169\,950 \text{ kWh}.$$

Eli lisäsyötteen merkitys on vaikuttava, koska sen avulla saavutetaan omavaraisuus energian osalta. (Motiva 2013.)

Taulukko 3 Raaka-aineiden metaanipitoisuus ja potentiaalinen kaasuntuotanto (Motiva 2013)

Materiaali	Biokaasuntuotanto m <sup>3</sup> / tonnia märkäpaino	Kaasun metaani- pitoisuus %
Teurasjäte	250	70
Biojäte	150–250	65
Peltobiomassa	50–250	55
Sianlanta	25–35	65
Naudanlanta	15–25	60

## Aurinkoenergia

Aurinkopaneeleilla tuotettavaa sähköä ei Suomen leveysasteilla saa kannattavaksi pääasialliseksi sähköntuottojärjestelmäksi, koska säteilyn määrä on erittäin vähäistä talvikuukausina. Tukevana järjestelmänä se toimii kesäkuukausina, jolloin auringon säteily on runsaampaa. Mitoituksessa on otettava huomioon monia asioita, kuten ilmansuunta, katon kaltevuus, säteilyn vaihtelu vuodenaikojen mukaan ja sähkön kulutus. (FinSolar 2017.)

Kohteen tarpeen mukaan voidaan mitoitus tehdä peruskuorman mukaan, eli silloin kun vain pakolliset sähkölaitteet ovat käytössä. Kyseisessä kohteessa kesäaikaan säh-

kön peruskulutus vaihtelee 3 – 8 kilowattitunnin välillä, eli siinä tapauksessa kohteeseen sopisi noin 10 kW<sub>p</sub>-tehoisen järjestelmä.

Tässä työssä aurinkoenergialla on tarkoitus kattaa muiden vaihtoehtojen puuttuva sähköntuotanto. Eli siinä tapauksessa, mikäli biokaasuntuotannossa ei kyettäisi hyödyntämään lisäsyötettä, katettaisiin vain 88 % sähkön tarpeesta, joten tarvittava aurinkosähkön määrä olisi tällöin,

$$119033,5 \cdot 0,12 = 14\,284,02 \text{ kWh}$$

Todellisuudessa luku voi olla enemmän, koska kesäaikaan lämmön kulutus on pienempi, jolloin sähköä ei voi tuottaa niin paljon. Liitteenä (liite 3) olevasta aurinkoenergiälaskelmassa on arvioitu tuotanto 20 kW<sub>p</sub> -järjestelmällä vuodessa noin 17 000 kWh, eli hieman laskennallista tarvetta enemmän. Paneelit suunnattaisiin etelään ja 35 asteen kulmassa. Aurinkopaneelien kuukausittainen tuotanto löytyy liitteestä 3.

Aurinkokeräimillä kyettäisiin kattamaan ainakin kesäkuukausina osa lämmitystarpeesta, mutta ongelmaksi muodostuu päällekkäisyys esimerkiksi hakkeen kaasutuksen kanssa. Koska siinä prosessissa syntyy huomattava määrä lämpöä, jäisi aurinkolämmön osuus hyvin pieneksi.

## 5.2 Kannattavuuden vertailu

Kuten aikaisemmin todettiin, näiden laskelmien perusteella hakkeen kaasutuksella saavutettaisiin täysin kattava energiaomavaraisuus vuositasolla. Kovilla pakkasilla voitulla lyhyitä jaksoja, jolloin laitoksen sähköteho ei riitä kattamaan hetkellistä kulutusta, mutta kyseessä muutamia tunteja kestäviä jaksoja. Ja saatavilla olevien kulutustietojen perusteella korkeintaan 59 kW tunnissa eli 19 kilowattia yli saatavilla olevan tuotannon. Tarvittaessa vaje katettaisiin valtakunnanverkosta. (Lahti Energia 2017.)

Biokaasun tuotannolla pystyttäisiin hyödyntämään monipuolisemmin tilan bioenergiapotentiaalia, mutta alkuinvestoinnit ovat huomattavasti korkeammat kuin puunkaasutuksella. Toisaalta biokaasua voidaan lisäinvestoinneilla puhdistaa ja käyttää

kohteen työkoneissa polttoaineena. Tämä vähentäisi dieselin käyttöä ja siitä syntyviä päästöjä ja kuluja. (Demeca 2016.)

Nykyteknologialla aurinkoenergiaan investointi ei ole taloudellisesti kannattavin vaihtoehto aurinkopaneelien käyttöön vuoksi. Nykyteknologian mukaisten aurinkopaneelien käyttöikä on keskimääräisesti 20 - 30 vuotta, tuon ajan jälkeen paneelien pinnat alkavat haalistua ja teho huomattavasti laskea. Arvioitu takaisinmaksuaika tässä tapauksessa olisi 14 vuotta ja 4 kuukautta. (FinSolar 2017.)

## 6 Johtopäätökset

Kolmesta tutkittavasta vaihtoehdosta puuhakkeen kaasutuksella ja biokaasulla päästäisiin kokonaan energiaomavaraiseksi. Biokaasun kohdalla lisäsyötteellä eli rehujätteillä on suuri merkitys. Ilman sitä saavutetaan biokaasulla tässä tapauksessa vain noin 88 % energiaomavaraisuus. Taulukkoon 4 on koottu tiedot tuloksista.

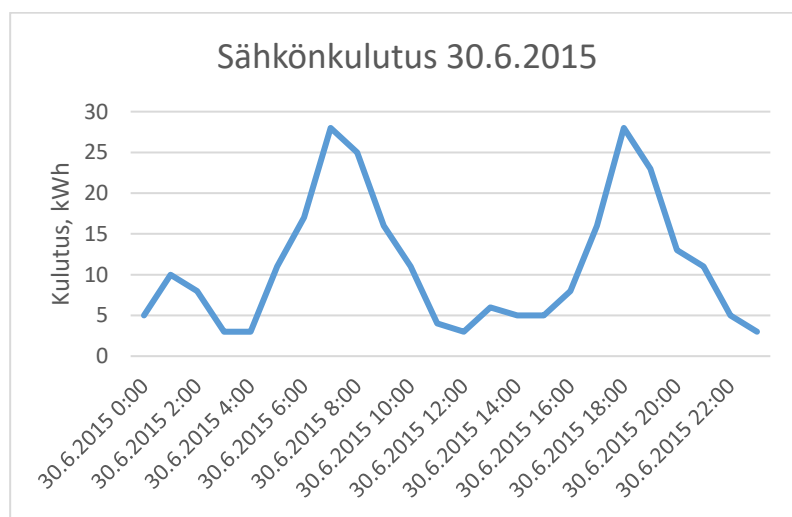
Aurinkoenergian osalta voidaan todeta, ettei se sovellu sähkön päätuottojärjestelmäksi vuodenaikojen vaihtelevan säteilytehon vuoksi. Tukijärjestelmänä sen avulla voidaan saavuttaa hetkellisiä hyötyjä, mutta korkeahkon investoinnin takia se ei ole välttämättä kannattava. Aurinkolämpöjärjestelmä on tuki- tai varajärjestelmänä hyvä, mutta ainoaksi lämmöntuottojärjestelmäksi se ei sovellu vaihtelevan auringonsäteilyn vuoksi. Toisaalta aurinkosähkön kohdalla täytyy pitää mielessä, että se on toimiva varajärjestelmäratkaisu kesäaikana. Ja mikäli akkuteknologia kehittyy ja halpenee lähitulevaisuudessa olisi myös mahdollista varastoida ylijäämäsähkö akustoihin, josta sitä kyettäisiin hyödyntämään myöhemmin tarpeen mukaan. Lisäksi puhtaan energian tuotolla luodaan maatalousyhtymälle positiivinen imago kuluttajan mieleen. (Motiva 2017ab.)

Taulukko 4 Tulokset

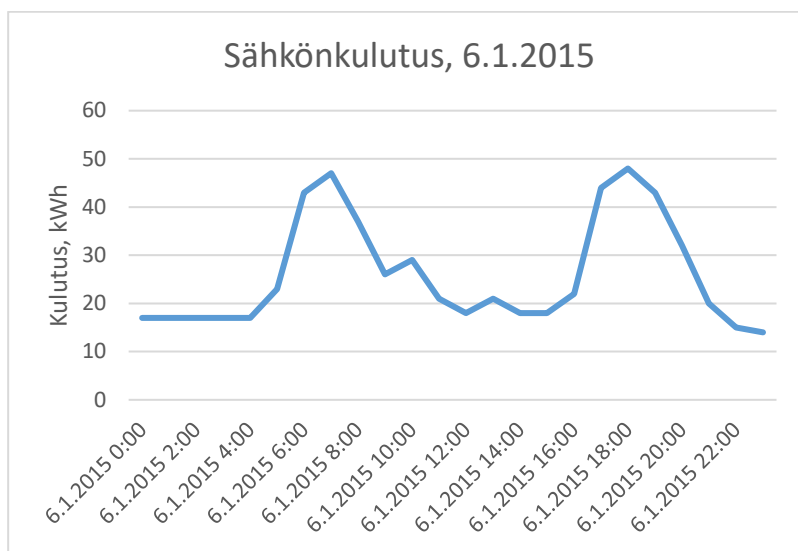
Vaihtoehto	Puunkaasutus	Biokaasu	Aurinkoenergia
Investointi	190 000	350 000	32 000
Tuen osuus, 40 % (€)	76000	140000	12800
Omavaraisuusaste %	107	130	14,3
Takaisinmaksuaika (a)	12,3	22,6	14,5

## 7 Pohdinta

Kohteen haastavuutena on sähkönkulutuksen vaihtelu. Kuvioista 8 ja 9 nähdään, että lypsyjen aikaan aamulla ja illalla sähkönkulutus nousee moninkertaiseksi, mutta kestää vain muutaman tunnin. Tästä johtuen tilalle pitäisi kehittää älykäs sähköverkko, joka seuraa tuntikulutusta ja säätelee laitoksen tehoa tarvittavalla tavalla. Muutoin maatalousyhtymän sähkönkäyttö on suhteellisesti tasaista vuodenaajat huomioon ottaen.



Kuvio 8 Sähkönkulutus 30.6.2015 (Lahti Energia)



Kuvio 9 Sähkönkulutus 6.1.2015 (Lahti Energia)

Lypsyjen aikaa sijoittuva sähkönkulutuspiikki tarkoittaa, että energiantuotantolaitoksen seurattessa sähkön kulutusta nousee myös lämmöntuotanto hetkellisesti. Talvella asuinrakennukset ja muut lämpökohteet kuluttavat enemmän lämpöenergiaa, joten sähköntuotannon yhteydessä syntyvän lämmön vaihtelu ei rajoita prosessia. Kesäaikaan lämmönkulutuksen ollessa alhaisempi syntyy ongelmia. Mahdolliseen lämpökeskukseen olisi näin ollen hyvä rakentaa suurikokoinen lämminvesivaraaja, johon korkean kulutuksen aikaan voitaisiin johtaa ylimääräinen lämpö. Tästä olisi hyötyä myös häiriötilanteiden aikaan, kun lämmöntuotanto lakkaa niin voidaan aiemmin tuotettu lämpö käyttää lämpöverkon ylläpitoon.

Tulevaisuudessa ylijäämälämmön myyntiä lähinaapureille voitaisiin harkita, mikäli halukkaita löytyy ja lämpöverkon laajennuskustannukset kyettäisiin lämmönmyyntillä kattamaan. Toisaalta tämä saattaisi nostaa hakkeen kokonaiskulutusta ja jouduttaisiin mahdollisesti ostamaan haketta.

Energiantuotannon valintaa mietittäessä pitkällä tähtäimellä täytyy ottaa huomioon myös se mahdollisuus, ettei esimerkiksi 20 vuoden päästä ole enää kannattavaa pitää lypsykarjatilaa, jolloin biokaasulaitos ei olisi enää käyttökelpoinen. Metsistä taas on aina saatavilla haketettavaa materiaalia, varsinkin kun niitä hoidetaan kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti, joten puunkaasutuksen kannalta polttoaineen saanti on varmaa pidemmällekin tulevaisuuteen.

## Lähteet

A 19.3.2015/2015. Valtioneuvoston asetus maatalan investointituen kohdentamisesta. Viitattu 20.3.2017. Valtion säädöstietopankki Finlex. <https://www.finlex.fi>, ajantasainen lainsäädäntö.

Aluelämpöputken esimerkki. N.d. Suomen maalämpötukku. Viitattu 20.2.2017. <http://www.maalampotukku.fi/product/2339/calpex-quadriga-2-x-32--32--22-142-mm-pn6--10>.

Aurinkolämpö. 2017a. Opas aurinkolämmöstä Motivan sivuilla. Viitattu: 13.1.2017. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo).

Aurinkosähkön perusteet. 2017b. Opas aurinkosähkön perusteista Motivan sivuilla. Viitattu 13.1.2017. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet).

Aurinkolämpöjärjestelmät. 2017c. Opas aurinkolämpöjärjestelmistä Motivan sivuilla. Viitattu 12.1.2017. [http://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat](http://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat).

Basic Operating Principle of A Photovoltaic / Solar Cell. 2016. N.d. Kuvio electrical-technology sivuston artikkelista. Viitattu 20.4.2017. <http://www.electricaltechnology.org/2015/06/how-to-make-a-solar-cell-photovoltaic-cell.html>

Biokaasu. 2017b. Artikkelio Bioenergianeuvoja sivustolla. Viitattu: 11.1.2017. <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/biokaasu/>.

Biokaasu. N.d. Demeca Oy. Viitattu 13.12.2016. <http://www.demeca.fi/biokaasu>.

Biokaasulaitoksen tuotanto maatilalla. 2013. Opas biokaasun tuotannosta Motiva Oy:n sivuilla. Viitattu 30.11.2016. [http://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun\\_tuotanto\\_maatilalla.pdf](http://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf).



DI Auvinen Karoliina ja KTT Jalas Mikko. Aurinkosähköjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. Artikkelin Finsolar-sivustolla 24.3.2017. Viitattu 28.3.2017.

<http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkosahkon-hinnat-ja-kannattavuus>.

Electrical Technology. 2017. Viitattu: 13.1.2017.

<http://www.electricaltechnology.org/>.

Hake. 2017a. Artikkelin Bioenergianeuvoja sivustolla. Viitattu: 11.1.2017.

<http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/>.

Havainnekuva puunkaasutuslaitoksesta. 2017. Kuvio Volter Oy:n sivuilla. Viitattu 23.11.2017. <http://volter.fi/fi/teknologia>.

Investointituen määrä tukikohteittain. 2017. Liite mavi.fi-sivustolla. Viitattu 24.2.2017. [http://www.mavi.fi/fi/tuet-ja-palvelut/viljelijä/maatalouden\\_investointituet/Documents/tuen-maara-tukikohteittain-investointituet.pdf](http://www.mavi.fi/fi/tuet-ja-palvelut/viljelijä/maatalouden_investointituet/Documents/tuen-maara-tukikohteittain-investointituet.pdf).

Liuksiala, L. 2015. Aurinkosähkön hankintaohje. Aalto-yliopisto. Viitattu 28.1.2017. <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkosahkon-hankintaohje>.

Maatalouden investointituet. 2017. Maaseutuvirasto. Viitattu 24.2.2017 [http://www.mavi.fi/fi/tuet-ja-palvelut/viljelijä/maatalouden\\_investointituet/Sivut/maatalouden\\_investointituet.aspx](http://www.mavi.fi/fi/tuet-ja-palvelut/viljelijä/maatalouden_investointituet/Sivut/maatalouden_investointituet.aspx).

Puun kaasutuksen esittely. 2016. Artikkelin Gasekin verkkosivulla. Viitattu 10.12.2016. <http://www.gasek.fi/technology/wood-gasification/>.

Pientalojen lämmitystapojen vertailulaskuri. 2016. Online laskuri. Viitattu 14.12.2016. <http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/>.

Posio, M. 2014. Maatalouden energiankulutus. Diaesitys. Viitattu: 13.12.2016. [http://www.oamk.fi/hankkeet/bioologia/docs/materiaalit/Mikko\\_Posio-Energiatohokkuus-Oamk.pdf](http://www.oamk.fi/hankkeet/bioologia/docs/materiaalit/Mikko_Posio-Energiatohokkuus-Oamk.pdf).

Solar Thermal. 2017. N.d. Arctic Sun LLC. Kuvio. Viitattu 20.4.2017.

<http://www.arcticsun-llc.com/resources/renewable-101/solar-thermal>.

Sähkönkulutuksen seurantapalvelu kuluttajalle. 2017. N.d. Lahti Energian onlinepalvelu. Viitattu 3.1.2017. <https://online.lahtienergia.fi>.

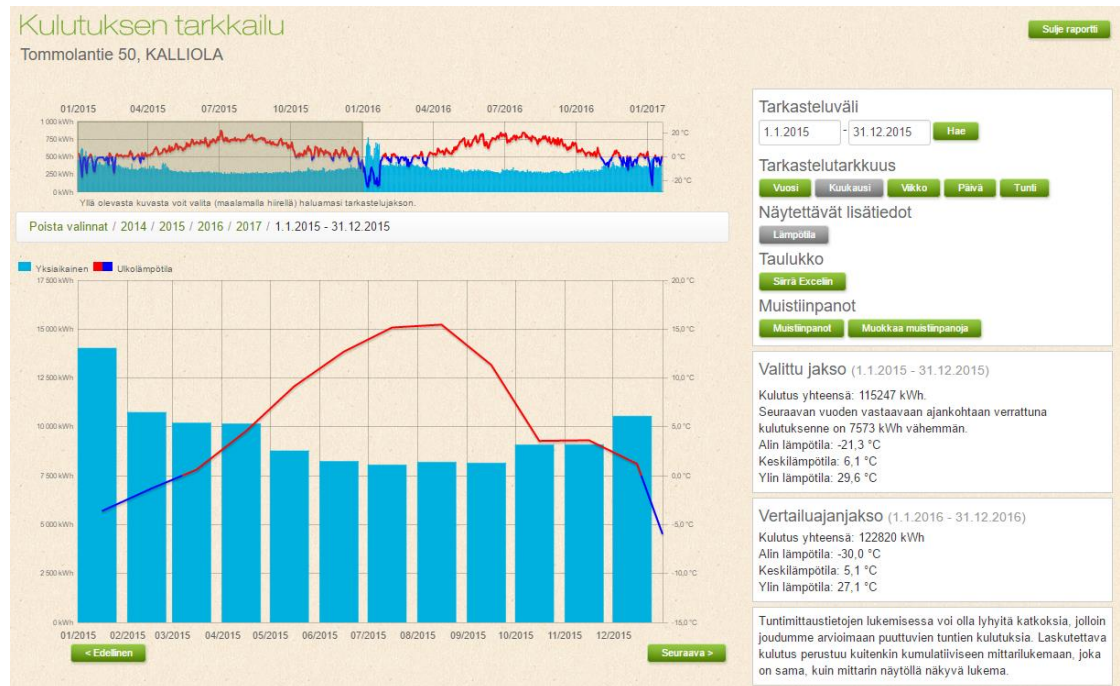
Takala, P. Omistaja. Maatalousyhtymä Takala. Haastattelut 10.12.2016-21.3.2017.

Volter Indoor -malli. 2013. N.d. Puun kaasutuslaitoksen esittely. Viitattu 23.11.2017.

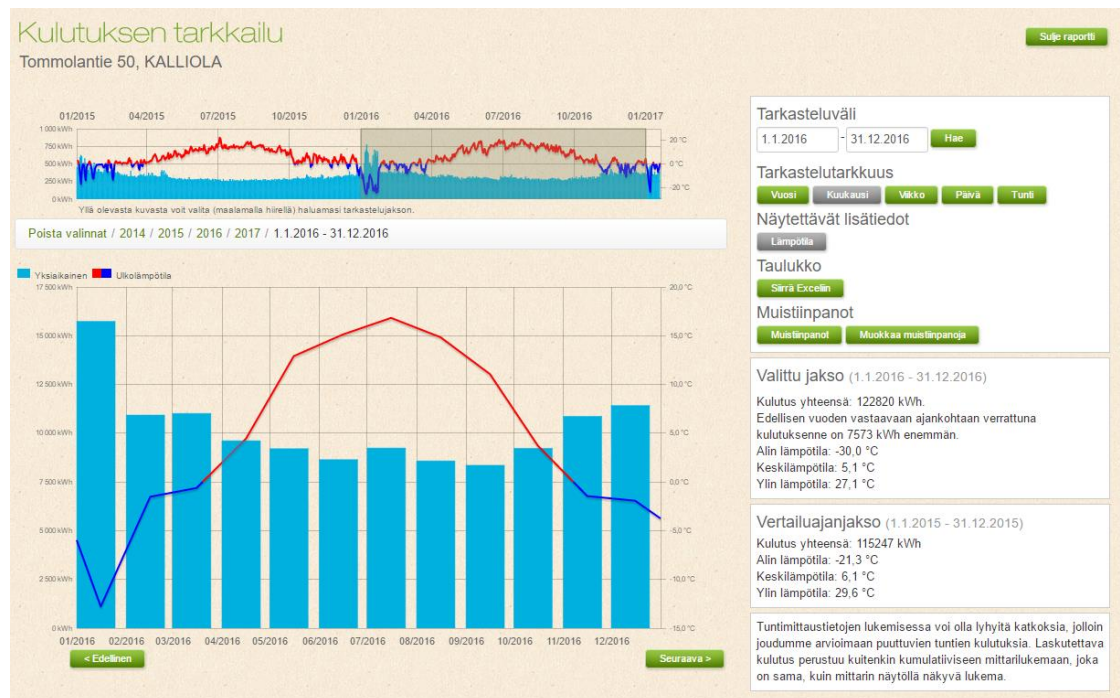
<http://volter.fi/fi/teknologia/>.

## Liitteet

### Liite 1. Vuoden 2015 sähkönkulutusgraafi



### Liite 2. Vuoden 2016 sähkönkulutusgraafi



## Liite 3. Aurinkoenergiälaskelma

SOLAR-ARENA.com

## Aurinkoenergiälaskelma

Aurinkosähköpaneelit (tuotetut kilowattitunnit ja säästöprosentti annetusta kokonaiskulutuksesta)

Laskennassa käytetyt yhteiset tiedot	
Paikkakunta/Koordinaatit, Ympäristö	Hollola, Maaseutu
Sähkön hinta (€/kWh)	0.12
Verkkoon takaisinmyyntihinta (€/kWh)	0.06

Tuote	Paneelien/Keräimien Määrä (kpl)	Kallistuskulma (0-90°)	Varjostuskerroin (%)	Suuntaus
Aurinkosähköpaneeli 250W	81	35	15	0 (Etelä)

## Tuotettu Energia (kWh)

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou	Vuodessa Yhteensä
295	720	1496	2128	2605	2578	2475	2017	1351	681	284	57	16688

## Säästöt (%)

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou	Vuodessa Yhteensä
2	7	14	20	27	28	27	22	16	8	3	1	13

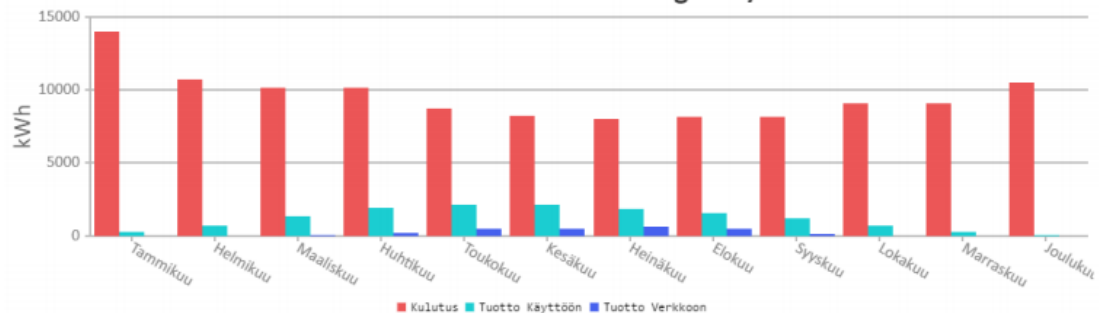
## Säästöt €/kk

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou	Vuodessa Yhteensä
35	86	169	241	283	281	261	215	155	85	34	7	1854

## Mitatun ajan kulutus ja tuotot

Kulutettu energia (kWh)	Tuotettu Energia (kWh)	Verkkoon myynti	Järjestelmän kokonaiskustannukset (€)	Takaisinmaksuaika
115247	16688	2479 kWh / 149 €	0 €	14 vuotta, 4 kuukautta

## Laskennallinen sähköntuotto auringosta / kulutus



## Liite 4.

<i>Tukikohde</i>	<i>Korkotukilainan määrä hyväksytävistä kustannuksista, prosenttia</i>	<i>Korkotuen määrä hyväksyttävistä kustannuksista, prosenttia</i>	<i>Avustuksen määrä hyväksyttävistä kustannuksista, prosenttia</i>		<i>Korotus</i>
			AB-tukialue	Muu kuin AB-tukialue	
Lypsy- ja nautakarjatalous (3 §)	60	10	40	35	1 ja 5
Sikatalous (4 §)	65	10	30	30	1 ja 5
Lihasiipikarjatalous (5 §)	65	10	20	20	1 ja 5
Lammas- ja vuohitalous (6 §)	60	10	40	35	1 ja 5
Hevostalous (7 §)	65	10	30	30	5
Mehiläistalous (8 §)	-	-	25	25	5
Turkistalous (9 §)	65	10	-	-	5
Kasvihuonetuotanto (10 §)	65	10	30	30	1 ja 5
Kuivaamo (11 §)	65	10	25	25	2 ja 5
Salaojitus (12 §)	-	-	35	35	3 ja 5
Sadonkorjuukone yhteiskäyttöön (13 §)	-	-	10	10	5
Tuotantovarasto (14 §)	65	10	30	30	5
Konevarasto (15 §)	-	-	20	20	5
Energiantuotanto (16 §)	-	-	40	40	5
Maataloustuotteiden myyntikunnostus (17 §)	-	-	30	30	5
Työympäristöä, tuotantohygieniaa, eläinten hyvinvointia tai ympäristön tilaa edistävät investoinnit (18 §)	-	-			4 ja 5
1 mom. 1 ja 2 kohta			30	30	
1 mom. 3 ja 4 kohta			35	35	

- 1 Avustuksen määrää korotetaan 10 prosenttiyksiköllä, jos hakija täyttää nuoren viljelijän aloitustuen myöntämisen edellytykset ja hakijan tilanpidon aloittamisesta ei ole tukea haettaessa kulunut viittä vuotta enempää.
- 2 Avustuksen määrää korotetaan 5 prosenttiyksiköllä, jos kuivaamoa käytetään kahden tai useamman maatalon viljan tai heinän kuivaamiseen.
- 3 Avustuksen määrää korotetaan 5 prosenttiyksiköllä säätösalaajituksessa.
- 4 Avustuksen määrää korotetaan 5 prosenttiyksiköllä, jos kyse on lietalan sijaitsevan alueen edistävän laitteen hankinnasta, joka toteutetaan Manner-Suomen maaseudun kehittämissuunnitelmassa 2014–2020 tarkoitetulla ympäristökorvauksen peltojen talviaikaisen kasvipeitteisyyden kohdentamisalueella tai laite tulee kahden tai useamman maatalon käyttöön millä tahansa alueella.
- 5 Avustuksen määrää korotetaan 20 prosenttiyksiköllä, jos investointi toteutetaan Eurooppalaisen innovaatiokumppanuuden (EIP) yhteydessä.